

Defisit Evapotranspirasi sebagai Indikator Kekurangan Air pada Padi Gogo (*Oryza sativa* L.)

The Deficit of Evapotranspiration as An Indicator of Water Deficit on Upland Rice (*Oryza sativa* L.)

Eko Sulistyono^{1*}, Suwarto¹ dan Yulianti Ramdiani²

Diterima 7 Februari 2005/Disetujui 5 April 2005

ABSTRACT

The research was conducted to study the correlation between deficit of evapotranspiration and yield decreasing. Factorial experiment was arranged in Randomized Block Design. First factor was irrigation frequency of 1, 2, 4 and 6 days. Second factor were nine upland rice lines. Evapotranspiration was measured with simple lysimeter based on water balance. There was positive correlation between deficit of evapotranspiration and yield decreasing. Defisit of evapotranspiration as much as 240.06 mm caused yield decreasing of 90% and dry matter weight decreasing of 72.5%. The relation between total evapotranspiration (E, mm) and dry matter weight (DM, g/plant) was $DM = 0.0245 E + 13.85$. Water use efficiency or yield and evapotranspiration ratio correlated with leaf width and sum of seed each panicle positively. Increasing leaf width and sum of seed each panicle could increase water use efficiency.

Key Words : evapotranspiration, water use efficiency, upland rice, lysimeter.

PENDAHULUAN

Evapotranspirasi merupakan peubah yang sangat berkaitan dengan produksi tanaman. Pengamatan evapotranspirasi harian dapat digunakan sebagai peringatan dini terhadap kekurangan air. Defisit evapotranspirasi merupakan selisih antara evapotranspirasi potensial dengan evapotranspirasi aktual. Evapotranspirasi potensial terjadi pada kondisi air tersedia maksimum atau kapasitas lapang, evapotranspirasi aktual terjadi pada kondisi air tersedia dibawah kapasitas lapang. Jika kekurangan air dapat diatasi sedini mungkin maka penurunan produksi dapat dihindari.

Evapotranspirasi merupakan proses yang sangat penting bagi tanaman. Metabolisme tanaman berlangsung jika evapotranspirasi terjadi. Evapotranspirasi adalah proses gerakan air dari sistem tanah ke tanaman kemudian ke atmosfer (transpirasi) dan gerakan air dari sistem tanah ke permukaan tanah kemudian ke atmosfer (evaporasi). Secara umum evapotranspirasi aktual (E) dapat dirumuskan sbb :

$$E = k \cdot [\psi \text{ tanah} - \psi \text{ atmosfer}]/R$$

dimana k, konstanta, ψ tanah, potensial air tanah, ψ atmosfer, potensial air di atmosfer, R, resultan tahanan tanaman dan permukaan tanah (Nye dan Tinker, 1977). Tahanan permukaan tanah dipengaruhi oleh penutupan

tanah misalnya mulsa. Penutupan tanah dapat meningkatkan tahanan permukaan tanah, sehingga menurunkan evaporasi.

Penelitian tentang evapotranspirasi, status air dalam sistem tanah, tanaman dan atmosfer sudah banyak dilakukan. Indeks Potensial Air (Karamanos dan Papatheohari, 1999) mengetahui kekurangan air berdasarkan pada kelembaban tanah. Evapotranspirasi potensial terjadi pada potensial air tanah maksimal sehingga beda potensial antara tanah dan atmosfer hanya dipengaruhi oleh potensial air atmosfer. Peubah-peubah dari sistem atmosfer digunakan untuk menduga evapotranspirasi potensial (Doorenbos dan Pruitt, 1977). Model FAO-56 (Allen, 2000) menggunakan peubah dari sistem atmosfer, tanah dan tanaman secara terpisah-pisah untuk menduga besarnya evapotranspirasi.

Pada kondisi defisit air, penurunan produksi berbanding lurus dengan penurunan evapotranspirasi. Secara umum hubungan penurunan produksi dengan penurunan evapotranspirasi adalah :

$$\{ 1 - (Y_m/Y_a) \} = K_y \{ 1 - (E_a/E_m) \}$$

dimana Y_m , Y_a , E_m , E_a dan K_y masing-masing adalah produksi maksimum, produksi aktual, evapotranspirasi maksimum, evapotranspirasi aktual dan faktor respon tanaman. Produksi maksimum merupakan produksi tanaman pada kondisi lingkungan

¹ Staf Pengajar Departemen Budi Daya Pertanian, Fakultas Pertanian, IPB - Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680
Telp./Fax. (0251) 629353 (*Penulis untuk korespondensi)

² Alumni Departemen Budi Daya Pertanian, Faperta, Institut Pertanian Bogor

yang optimum. Evapotranspirasi maksimum terjadi pada ketersediaan air optimum. Produksi aktual dan evapotranspirasi aktual terjadi pada kondisi defisit air (Doorenbos dan Kassam, 1979).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara defisit evapotranspirasi dengan penurunan produksi, sehingga dapat digunakan untuk deteksi dini terhadap kekurangan air.

BAHAN DAN METODA

Penelitian dilakukan di Rumah Kaca IPB, Cikabayan, dari bulan Mei sampai Desember 2002. Evapotranspirasi dibangkitkan dari percobaan faktorial yang disusun dalam Rancangan Acak Kelompok dengan 3 ulangan. Perlakuan merupakan kombinasi frekuensi irigasi yaitu 1, 2, 4, dan 6 hari dengan 9 galur padi gogo. Galur padi gogo yang digunakan yaitu 4 galur ber-produksi rendah, 500-1000 kg/ha, 3 galur berproduksi sedang, 1000-1900 kg/ha dan 2 galur berproduksi tinggi, lebih besar 2000 kg/ha.

Peubah yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah anakan maksimum, jumlah anakan produktif, berat kering tanaman, bobot gabah dan evapotranspirasi harian. Evapotranspirasi harian diukur berdasarkan metode neraca air dengan lisimeter. Ukuran lisimeter adalah diameter permukaan 25 cm, tinggi 40 cm. Media tanam adalah tanah latosol

(Oxisol aquaox ochraquox) dengan bobot kering mutlak 5 kg/pot, kapasitas lapang pada kadar air tanah 39.42% bobot kering mutlak dan titik layu permanen 30.04%. Evapotranspirasi (E) diukur dengan rumus $E = I - P_k$, dimana I adalah irigasi dalam satuan ml/hari, P_k adalah perkolasi dalam satuan ml/hari. Satuan ml/hari dirubah menjadi mm/hari berdasarkan luas permukaan lisimeter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Interaksi antara frekuensi irigasi dan galur padi gogo tidak berpengaruh nyata terhadap evapotranspirasi, produksi dan bahan kering tanaman, sehingga hubungan evapotranspirasi dengan produksi dan bahan kering tanaman berlaku sama untuk semua galur yang digunakan. Evapotranspirasi aktual total dari frekuensi irigasi setiap hari nyata lebih besar dari pada frekuensi irigasi 6 hari sekali (Tabel 1). Beda potensial air antara tanah dan atmosfer pada frekuensi irigasi setiap hari lebih besar dari pada frekuensi irigasi 6 hari sekali, sehingga evapotranspirasinya juga lebih besar (Nye dan Tinker, 1977). Pada awal periode tumbuh yaitu sampai umur 3 bulan, evapotranspirasi dari frekuensi irigasi 2 hari sekali tidak berbeda nyata dengan frekuensi irigasi setiap hari karena kebutuhan air tanaman masih rendah pada awal pertumbuhan.

Tabel 1. Evapotranspirasi Aktual (mm/umur tanaman) pada Berbagai Frekuensi Irigasi

Umur Tanaman	Frekuensi Irigasi			
	1 hari	2 hari	4 hari	6 hari
2 MST	69.5 a	67.8 ab	63.4 b	51.7 c
4 MST	152.6 a	148.2 a	132.1 b	117.4 c
6 MST	315.9 a	286.3 a	241.2 b	231.0 b
8 MST	562.4 a	458.5 b	362.3 c	322.7 c
10 MST	772.9 a	623.9 b	462.3 c	408.8 c
12 MST	948.2 a	778.7 b	561.2 c	488.9 c
14 MST	1043.6 a	887.9 b	641.0 c	559.8 c
16 MST	1075.6 a	953.5 a	678.7 b	600.6 b

Keterangan : Data pada baris yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT (0.05).

Total defisit evapotranspirasi pada frekuensi irigasi 6 hari sekali nyata lebih tinggi dari pada frekuensi irigasi 2 hari sekali. Ini menyebabkan penurunan produksi bahan kering pada frekuensi irigasi 6 hari sekali lebih besar dari pada frekuensi irigasi 2 hari sekali (Tabel 2). Total defisit evapotranspirasi 104.17 mm, 200.42 mm, dan 240.06

mm menyebabkan penurunan bahan kering masing-masing sebesar 14%, 49.2% dan 72.5%. Doorenbos dan Kassam (1979) menyatakan bahwa penurunan produksi sebanding dengan penurunan evapotranspirasi.

Pola evapotranspirasi harian sangat bermanfaat sebagai peringatan dini akan turunnya produksi akibat

kekurangan konsumsi air. Dengan mengetahui tanda seawal mungkin akan kekurangan konsumsi air, maka

dapat segera dilakukan perbaikan suplai air atau faktor-faktor lain yang menghambat evapotranspirasi.

Tabel 2. Total defisit evapotranspirasi dan penurunan produksi bahan kering padi gogo.

Frekuensi Irigasi	Total Defisit Evapotranspirasi (mm)	Penurunan Produksi Bahan Kering (g/rumpun) (%)
1 hari	0.00	0.00
2 hari	104.07 b	5.06 b (14.0)
4 hari	200.42 a	18.17 ab (49.2)
6 hari	240.06 a	26.74 a (72.5)

Keterangan : Data dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey (0.05).

Berdasar pola evapotranspirasi harian diketahui bahwa kekurangan konsumsi air dari frekuensi irigasi 4 hari dan 6 hari mulai nyata terlihat pada periode bulan ke 3 dan semakin membesar pada periode bulan ke 4 (Gambar 1). Penurunan produksi dapat diperbaiki jika pada periode ini dilakukan perbaikan suplai air. Sedangkan pada periode tumbuh bulan pertama semua frekuensi irigasi tidak menyebabkan kekurangan konsumsi air yang berarti, ini terlihat dari simpangan grafik evapotranspirasi yang tidak besar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan evapotranspirasi dengan produksi bahan kering padi gogo dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik berikut :

$$BK = 0.0245 E + 13.85$$

dimana BK adalah produksi bahan kering tanaman (g/tanaman) dan E adalah total evapotranspirasi (mm).

Hubungan linear yang nyata tersebut menunjukkan bahwa produksi bahan kering dapat ditingkatkan dengan meningkatkan evapotranspirasi. Hubungan tersebut juga dapat diartikan bahwa penurunan evapotranspirasi atau defisit evapotranspirasi akan menyebabkan penurunan produksi bahan kering tanaman. Parameter 0.0245

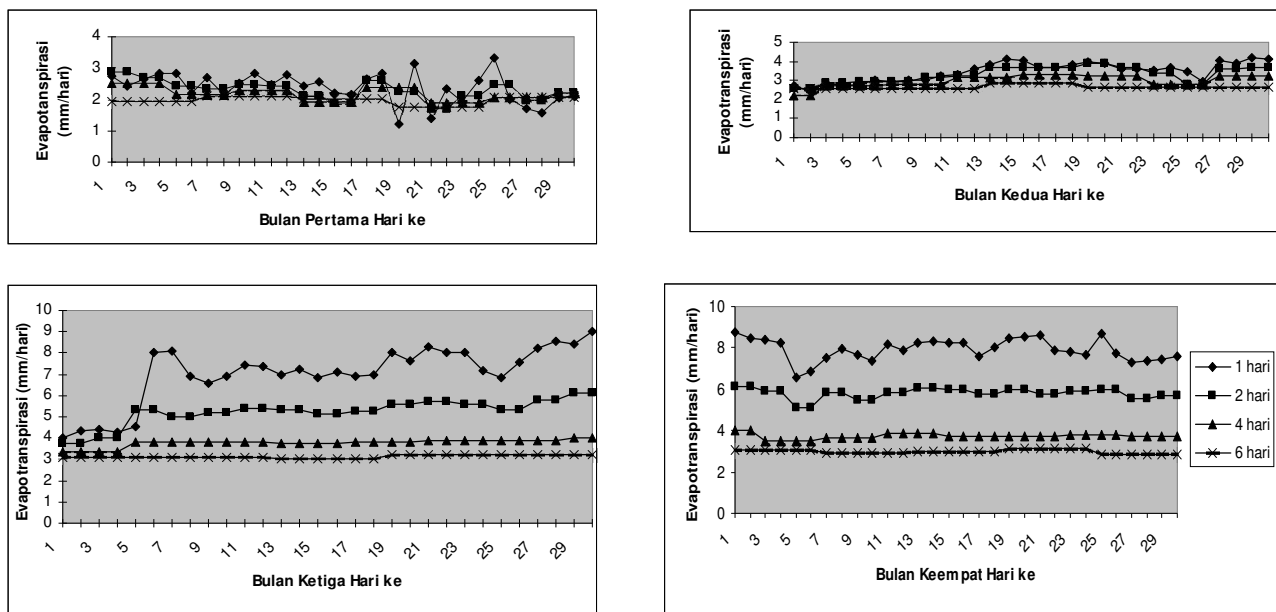
menunjukkan besarnya penambahan bobot kering tanaman setiap penambahan evapotranspirasi atau besarnya penurunan bobot kering tanaman setiap penurunan evapotranspirasi. Konstanta 13.85 menunjukkan bahwa tanaman masih melakukan proses metabolisme pada saat tidak terjadi evapotranspirasi. Hasil yang sama juga diperoleh pada jagung yaitu $Y = 24.1 E - 8332$ (Music dan Dusek, 1980), $Y = 41.0 E - 7179$ (Hillel dan Guron, 1973), $Y = 66.1 E - 22900$ (Hamon *et al.*, 1981) dan $Y = 20.8 E - 1640$ (Hank *et al.*, 1969).

Efisiensi pemakaian air biologis yang dihasilkan oleh frekuensi irigasi 1 hari sekali atau 2 hari sekali lebih besar dari pada yang dihasilkan oleh frekuensi irigasi 4 hari sekali atau 6 hari sekali. Ini menunjukkan bahwa evapotranspirasi yang tinggi pada frekuensi irigasi 1 hari dan 2 hari menghasilkan produk bahan kering yang lebih tinggi. Efisiensi pemakaian air agronomis mulai menurun pada frekuensi irigasi 2 hari sekali (Tabel 3). Ini menunjukkan bahwa defisit konsumsi air atau defisit evapotranspirasi memengaruhi partisi bahan kering tanaman yaitu proporsi fotosintat yang diakumulasi dalam biji dibanding bahan kering tanaman.

Tabel 3. Efisiensi Pemakaian Air Biologis dan Agronomis pada Berbagai Frekuensi Irigasi.

Peubah	Frekuensi Irigasi			
	1 hari	2 hari	4 hari	6 hari
EPA biologis (g BK/kg air)	0.9 a	0.8 a	0.5 b	0.3 b
EPA agronomis (g gabah/kg air)	0.01 a	0.002 b	0.002 b	0.001 b

Keterangan : Data dalam baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey (0.05).



Gambar 1. Evapotranspirasi Harian pada Berbagai Frekuensi Irigasi

Efisiensi pemakaian air biologis berkorelasi positif dengan jumlah gabah bernas, bobot gabah bernas, bobot kering akar, bobot kering tajuk, jumlah anakan, jumlah biji permalai, lebar daun bendera dan jumlah daun (Tabel 4). Peningkatan karakter-karakter agronomi tersebut dapat meningkatkan efisiensi pemakaian air biologis atau peningkatan bahan kering tanaman lebih besar dari peningkatan evapotranspirasinya. Peningkatan *source* seperti jumlah daun, jumlah anakan dan lebar daun bendera

menyebabkan peningkatan potensi fotosintetik tanaman. Peneliti lain menghasilkan bahwa efisiensi pemakaian air berkaitan dengan luas daun, indeks luas daun (Ritchie, 1983), kecepatan pertumbuhan akar, panjang akar, volume akar (Taylor, 1983), elastisitas dinding sel (Blum, 1974), nisbah tajuk akar (Johnson dan Tieszen, 1994), jumlah stomata (Dobrenz *et al.*, 1969), tipe pertumbuhan (Quisenberry dan Roark, 1976).

Tabel 4. Koefisien Korelasi antara Efisiensi Pemakaian Air Biologis dan Agronomis dengan Karakter Agronomi

Karakter Agronomi	EPA Biologis	EPA Agronomis
Panjang malai	0.20	0.42 *
Jumlah gabah hampa	0.05	- 0.02
Jumlah gabah bernas	0.29 *	0.77 **
Bobot gabah bernas	0.28 *	0.84 **
% gabah hampa	- 0.20	- 0.61 **
Bobot kering akar	0.42 *	0.03
Bobot kering tajuk	0.82 **	0.09
Jumlah anakan	0.52 **	0.03
Jumlah biji/malai	0.28 *	0.33 *
Bobot 100 biji	0.21	0.15
Panjang daun	0.15	0.26
Lebar daun	0.25	0.32 *
Panjang daun bendera	0.14	0.14
Lebar daun bendera	0.47 **	0.20

Tinggi tanaman maksimum	- 0.15	0.06
Jumlah daun maksimum	0.52 **	0.03
Jumlah anakan maksimum	0.17	0.07

Keterangan : ** (korelasi sangat nyata), * (korelasi nyata)

Frekuensi irigasi 1 hari sekali menghasilkan tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun, jumlah anakan, jumlah anakan produktif lebih tinggi dari pada frekuensi irigasi 4 hari dan 6 hari sekali (Tabel 5).

Ukuran *source* yang besar akan menghasilkan produksi yang tinggi. Ini ditunjukkan oleh bobot gabah bernas yang lebih tinggi pada frekuensi irigasi 1 hari sekali dibandingkan 4 hari sekali atau 6 hari sekali.

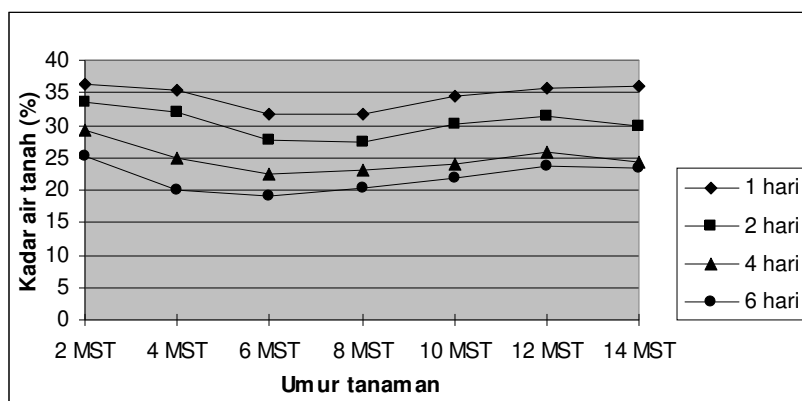
Tabel 5. Karakter Agronomi pada Berbagai Frekuensi Irigasi

Karakter Agronomi	Frekuensi Irigasi			
	1 hari	2 hari	4 hari	6 hari
Tinggi tanaman (cm)	101.7 a	89.3 b	86.3 b	87.7 b
Jumlah daun	65.9 a	56.0 a	37.1 b	20.9 c
Lebar daun (cm)	1.1 a	1.0 ab	0.9 b	0.9 b
BK akar (g/rumpun)	5.4 a	4.8 a	2.8 b	1.6 b
BK tajuk (g/rumpun)	31.5 a	27.1 a	15.9 b	8.6 b
Lebar daun bendera (cm)	1.2 a	1.2 a	1.0 b	0.8 c
Jumlah gabah bernas	17.6 a	5.7 b	2.9 b	2.3 b
Bobot gabah bernas (g/rumpun)	0.3 a	0.1 b	0.04 b	0.03 b
% gabah hampa	74.8 b	87.7 a	92.9 a	93.1 a
Jumlah anakan produktif	10.37 a	6.74 b	5.5 bc	3.8 c

Keterangan : Data dalam baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey (0.05).

Gambar 2 menunjukkan kadar air tanah sebelum diirigasi selama awal periode tumbuh dan akhir periode tumbuh lebih tinggi dari pada pertengahan periode tumbuh. Kadar air tanah ini menunjukkan kapan irigasi harus dilakukan. Untuk menghasilkan produksi maksimum irigasi dilakukan jika kadar air tanah tinggal 36% pada awal dan akhir pertumbuhan atau 32% pada saat pertumbuhan cepat. Kemampuan

akar untuk menyerap air selama fase pertumbuhan cepat lebih besar dari pada pertumbuhan awal, sehingga air tersedia yang dapat diabsorpsi lebih besar yaitu dari kapasitas lapang sampai kadar air 32%. Titik kritis kadar air tanah tergantung jenis tanaman misalnya - 40 kPa untuk pear (Noor, 2001), - 7.5 kPa untuk kapas (Steger *et al.*, 1998), - 20 kPa untuk bawang (Shock *et al.*, 2000).



Gambar 2. Kadar air tanah sebelum irigasi pada berbagai umur tanaman dan frekuensi irigasi

KESIMPULAN

Semakin tinggi total defisit evapotranspirasi menyebabkan penurunan produksi semakin besar. Total defisit evapotranspirasi sebesar 240.06 mm menyebabkan penurunan produksi gabah sebesar 90% dan penurunan bobot kering tanaman sebesar 72.5%. Kelembaban tanah optimum untuk padi gogo adalah antara kapasitas lapang sampai kadar air 32%, kelembaban lebih rendah dari 32% akan menurunkan produksi. Evapotranspirasi harian dapat digunakan sebagai indikator kekurangan air pada tanaman padi gogo.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, R.G. 2000. Using the FAO-56 dual crop coefficient method over an irrigated region as part of an evapotranspiration intercomparison study. *J. of Hydrol.* 229:22-41.
- Blum, A. 1974. Genotypic responses in sorghum to drought stress. II. Leaf tissue water relation. *Crop Sci.* 14:691-692.
- Dobrenz, A.K., L.N. Wright, A.B. Humphrey, M.A. Massengale, W.R. Kneebone. 1969. Stomate density and its relationship to water use efficiency of the blue panicgrass (*Panicum antidotale* Retz). *Crop Sci.* 9:354-357.
- Doorenbos, J., A.H. Kassam. 1979. Yield Response to Water. FAO of United Nation. Rome.
- Doorenbos, J., W.O. Pruitt. 1977. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. FAO of United Nation. Rome.
- Hamond, L.C., R.S. Mansel, W.K. Robertson, J.T. Johnson, H.M. Selim. 1981. Irrigation efficiency and controlled root-zone wetting in deep sands. *Florida Water Resour.Res.Ctr.Publ.*52.
- Hank, R.J., H.R. Garner, R.L. Florian. 1969. Plant growth-evapotranspiration relation for several crops in central great plants. *Agron.J.*61:30-34.
- Hillel, D., Y.Guron. 1973. Relation between evapotranspiration rate and maize yield. *Water Resour. Res.* 9:743-749.
- Jhonson, R.C., L.L. Tieszen. 1994. Variation for water use efficiency in alfalfa germplasm. *Crop Sci.* 34:452-458.
- Karamanos A.J., A.Y. Papatheohari. 1999. Assesment of Drought Resistance of Crop Genotypes by Means of water potensial index. *Crop Sci.* 39:1792-1797.
- Music, J.T., D.A. Dusek. 1980. Irrigated corn yield response to water. *Trans ASAE.* 23:92-98.
- Naor, A. 2001. Irrigation and crop load influence fruit size and water relations in field-grown 'Spadona' pear. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126(2):252-255.
- Nye, P.H., P.B. Tinker. 1977. Solute Movement in The Soil-Root System. Interlino Printing Co. Inc. Philippines.
- Quisenberry, J.E., B. Roark. 1976. Influence of indeterminate growth habit on yield irrigation water-use efficiency in upland cotton. *Crop Sci.* 16:762-765.
- Ritchie, J.T. 1983. Efficient water use in crop production:Discussion on the generally relations between biomass production and evapotranspiration, *In: Taylor H.M., W.R. Jordan, T.S. Sinclair (eds). Limitation to Efficient Water Use in Crop Production. Amer. Soc. of Agron. Inc. Wisconsin. p. 29-44.*
- Shock, C.C., E.B.G. Feibert, L.D. Saunders. 2000. Onion storage decomposition unaffected by late-season irrigation reduction. *Hort. Tech.* 10(1): 176-178.
- Steger, A.J., J.C. Silvertooth, P.W. Brown. 1998. Upland cotton growth and yield response to timing the initial postplant irrigation. *Agron. J.* 90:455-461.
- Taylor, H.M. 1983. Managing Root System for Efficient Water Use an Overview. *In: Taylor H.M., W.R. Jordan, and T.S. Sinclair (eds). Limitation to Efficient Water Use in Crop Production. Amer. Soc. of Agron. Inc. Wisconsin. p. 87-113.*